実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

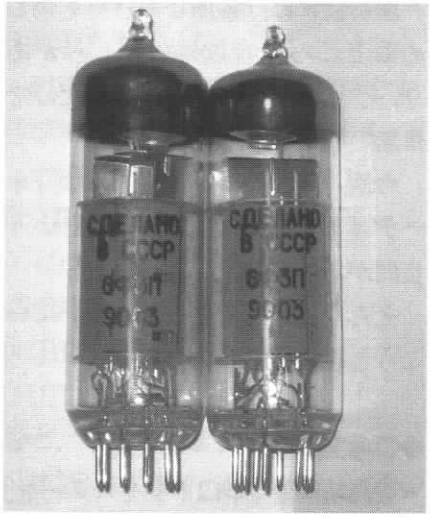
6BM8と互換できる スベトラーナ製6F3P

ロシアのスベトラーナ製6F3Pは6BM8と差し替え可能な互換球です.

ピンは,写真のようにメッキされているものが多く,2本組や4本組が販売されています.特性を測定してペアに選別したものもあれば,単にロットが同じなだけで,無選別のものもあります.特性の揃ったペアは当然のことながら高価です.とはいえ,輸入品を直接買えば,国内で買うよりは安いです.その代わり輸入品は届くまでに1週間ぐらいかかります.

(1) 出力特性

データ・シートの特性図を**第1図**に示します.SG電圧は200Vです.



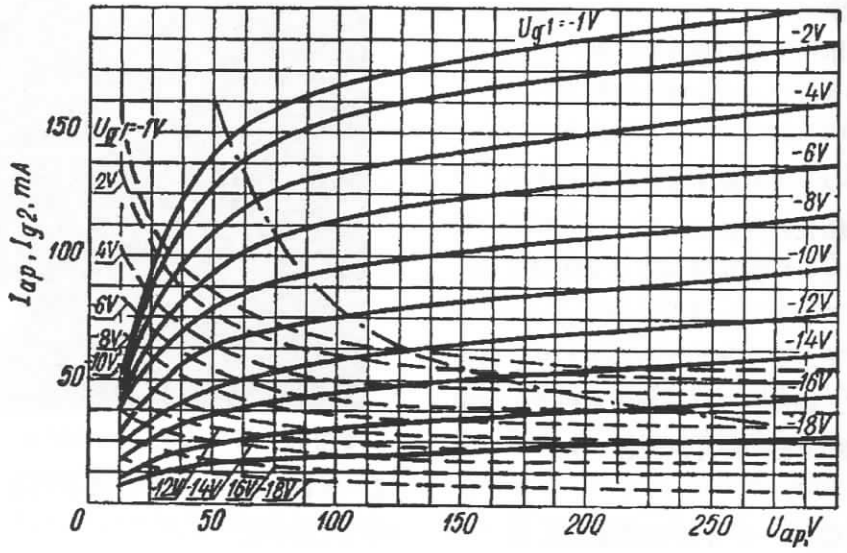
●スベトラーナ6F3P

これを中林氏が作成された6BM8デバイス・モデルでシミュレーションした出力特性図(**第2図**)と比べてみましょう.

第1図にはVg1=0に対する特性図がないので,Vg1=−4V,Vp=100VのIpを比べると,**第1図**も**第2図**も135mAです.したがって,中林氏の6BM8モデルでシミュレーションしても問題ないはずです.

(2) 最大出力

プレート・プレート間負荷インピ



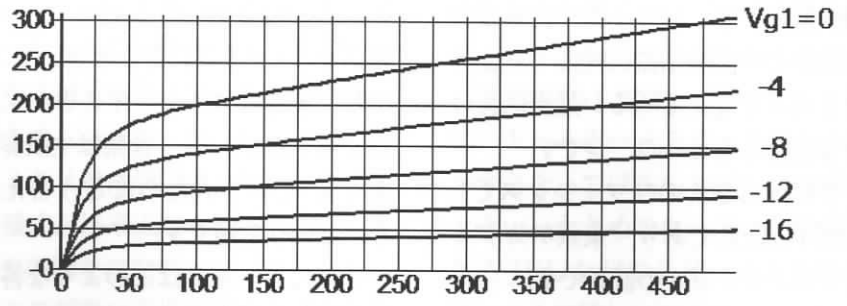
I_{ap}, $I_{g2} = f(U_{ap})$

——— I_{ap}　　$U_h = 6{,}3$ V

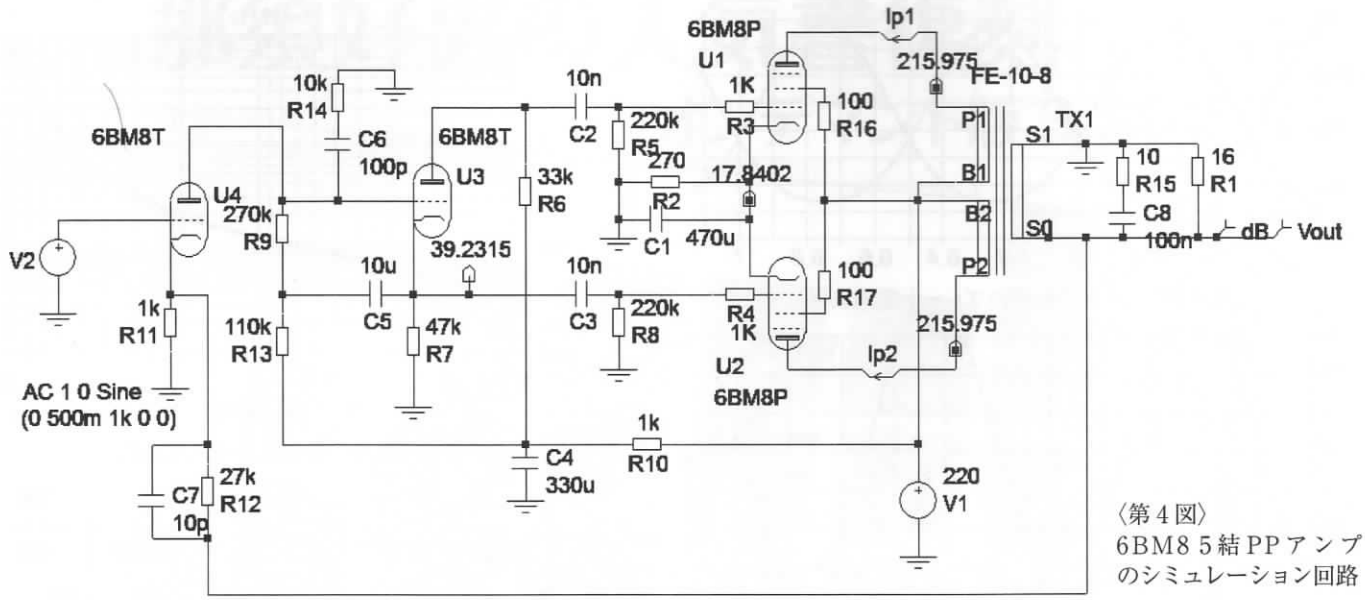
— — — I_{g2}　　$U_{g2} = 200$ V

—·—·— $P_{ap\ max}$

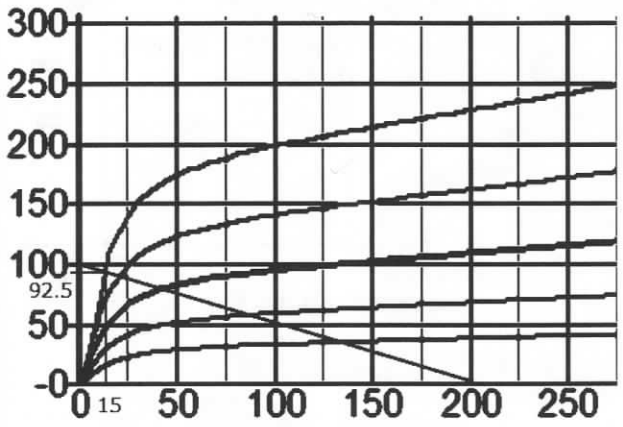
〈第1図〉6F3Pのプレート特性



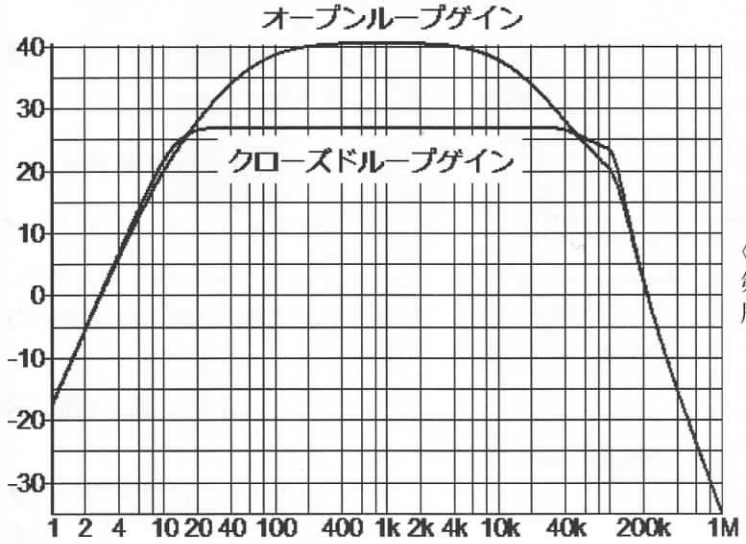
〈第2図〉6BM8/6F3Pのプレート特性



〈第4図〉
6BM8 5結PPアンプのシミュレーション回路



〈第3図〉
PPでの負荷線を2kΩとする



〈第5図〉
第4図の回路の周波数特性

ーダンスを8kΩと仮定して，最大出力を計算してみましょう．

B電圧を200Vと仮定して**第2図**のグラフに8kΩ/4=2kΩの負荷線を引くと，**第3図**のようになります．

負荷線とVg=0のプレート曲線の交点は(92.5mA，15V)ですから最大出力Pomaxは，

$$Pomax = 0.0925 \times \frac{200-15}{2} = 8.56W$$

と算出されます．200Vで8W強も出るのは嬉しいです．

6BM85結PPアンプの設計

以上の結果を踏まえて設計したのが**第4図**の回路です．

出力段のグリッドは自己バイアスで，無信号時カソード電圧は17.8Vとなるので，B電圧は220Vにしました．位相反転はPK分割方式で，前回と同様ブート・ストラップしています．出力段のゲインが前回の三結より大幅に増加したので，裸ゲインは約40dBになりました．

出力トランスは前回と同様，FE-15-8です．たかだか最大出力8Wなので，10W級のトランスでもよいと思いますが，「大は小を兼ねる」の諺に従いました．

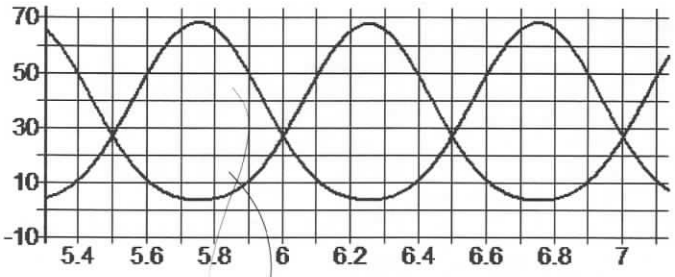
(4) 周波数特性

第4図回路の周波数特性を**第5図**に示します．帰還量は約13dBです．もっと帰還量を増やしたかったのですが，これ以上帰還量を欲張ると，高域にピークが生じます．

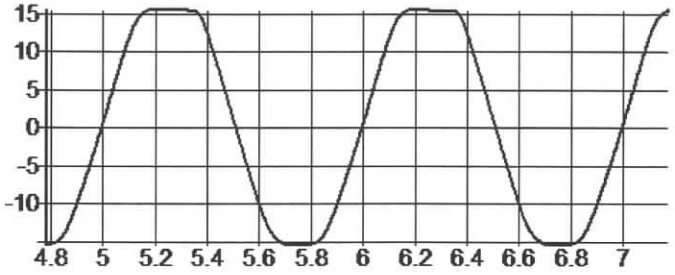
(5) プレート電流波形

片ピーク振幅0.5V周波数1kHzのサイン波を入力したときの出力管のプレート電流波形を**第6図**に示します．典型的なAB級動作で，アイドリング電流は26mAです．このときのプレート・カソード間電圧Vpkは，

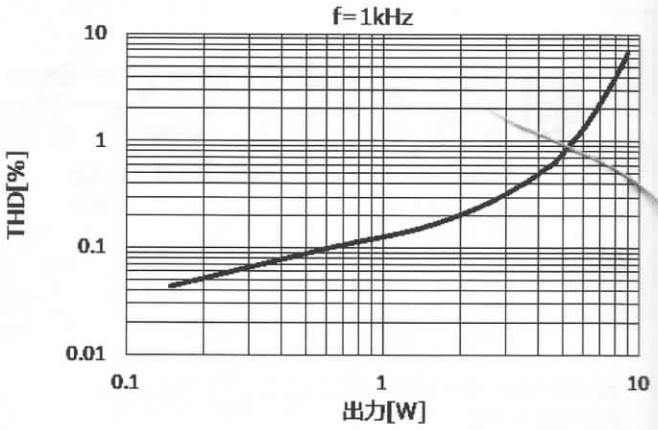
Vpk=216−17.8=198.2V



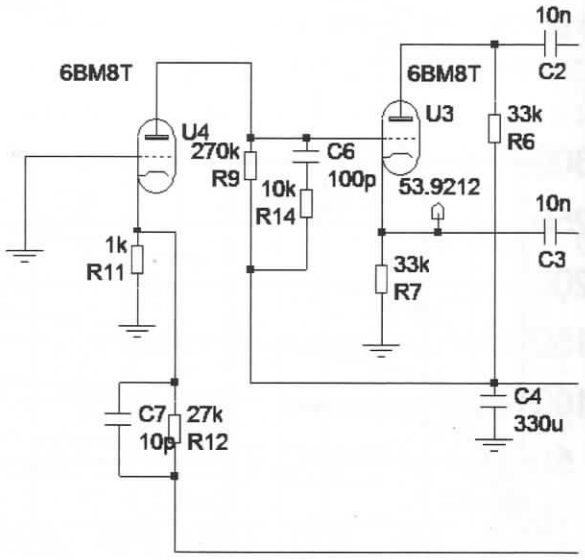
〈第6図〉第4図の回路のプレート電流波形



〈第8図〉飽和したときの出力波形



〈第7図〉第4図の回路のひずみ率特性



〈第10図〉ブート・ストラップをはずした回路

なので，無信号時プレート損失Pdは，

Pd=0.026×198.2=5.15[W]

です．なお，このときの出力電力は3.6Wです．

(6) ひずみ率特性

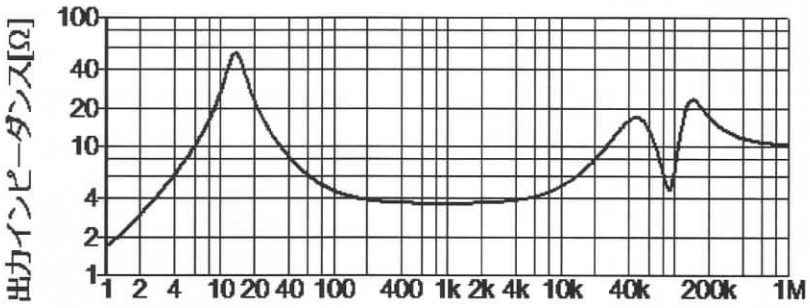
第4図のアンプのひずみ率特性を**第7図**に示します．典型的なソフト・ディストーションです．小出力時は2次ひずみが，大出力時は3次ひずみが大きくなっています．

(7) 飽和時の出力波形

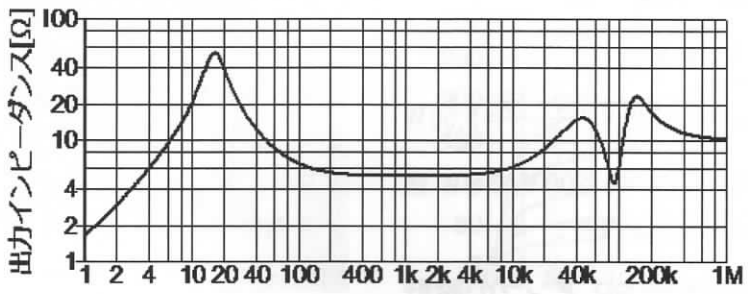
片振幅電圧1V/1kHzを入力したときの出力波形を**第8図**に示します．±15Vで上下がほぼ対称に飽和しています．

(8) 出力インピーダンス

出力インピーダンス特性を**第9図**に示します．15Hz付近に大きなピークがあり，また90kHz付近に大きなディップがありますが，これが音質にどんな影響を及ぼすか，興味深いところです．



〈第9図〉第4図の回路の出力インピーダンスの周波数特性



〈第11図〉第10図の回路の出力インピーダンスの特性

こんなシンプルな回路なのに，結構複雑な動作をしているようです．

ブート・ストラップを止める

もしかするとブート・ストラップがよくないのかもしれないと考え，それを止めた**第10図**の回路で出力インピーダンスをシミュレーションしてみました．結果を**第11図**に示します．

第11図のグラフは**第9図**のグラフとほとんど同じです，ただしよく観察すると，低域のピーク周波数が少し高くなっています．抜本的な改善は見られません．

6BM8の3極管部で差動増幅回路を構成して位相反転させると，小出力時の2次ひずみをキャンセルできるでしょう．次回に試してみます．